

симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвящённого 120-летию со дня рождения академика К.И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К.В. Радугина. В 2-х томах. – Томск: Изд-во ТПУ, 2019. – Т. 1. – С. 99 – 101.

3. Дмитриенко А.А., Исаева Е.Р. Структурные признаки углефикации органических веществ // Окс и химия, 2019. – № 12. – С. 9 – 13.
4. Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений. – М.: Мир, 1991. – 536 с.
5. Преч Э., Бюльманн Ф., Аффольтер К. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных. – М.: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 438 с.
6. Тарасевич Б.Н. ИК спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы. – М., 2012. – 55 с.
7. Тюрин А.Г., Зуев И.О. Кластерный анализ, методы и алгоритмы кластеризации // Вестник МГТУ МИРЭА, 2014. – № 2. – С. 86 – 97.

## МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ЧЕРТЫ ХРОМИТИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДУБЕРСАЙ КЕМПИРСАЙСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)

Ф.В. Закиров, И.Ю. Собянин, Т.Ю. Якич

Научный руководитель доцент Т.Ю. Якич

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Введение. В основе работы лежит минералого-петрографическое изучение серии образцов хромититов месторождения Дуберсай Кемпирсайского массива. Кемпирсайский хромитоносный массив имеет площадь более 900 км<sup>2</sup> и входит в состав Главного Уральского ультрамафитового пояса. Он сложен метаморфизованными (тектонизированными) ультрамафитами офиолитовой ассоциации, располагающимися в крупном Сакмарском аллохтоне (реликте океанической коры раннепалеозойского возраста), шарьированном в позднем палеозое на восточную окраину Восточно-Европейского палеоконтинента при закрытии Уральского палеоокеана [1]. Кемпирсайский ультрамафитовый массив имеет в плане узкую вытянутую форму, резко расширяющуюся в южной части (от 0.6 км на севере до 32 км на юге); он протягивается на 82 км в меридиональном направлении. Контакты массива с вмещающими породами девона, ордовика и докембрия тектонические. В северной и центральной частях Кемпирсайский массив сложен преимущественно гарцбургитами и энстатитовыми дунитами, реже плагиодунитами, пироксенитами, верлитами и плагиоверлитами. По периферии массива картируются габброиды (габбро, габбро-нориты и оливиновые габбро). В южной и юго-восточной частях массива выделяются две субмеридиональные зоны (западная и восточная), сложенные крупными телами массивных дунитов, залегающих среди пород шлирово-полосчатого комплекса, энстатитовых дунитов и гарцбургитов при подчиненной роли верлитов и лерцолитов [5]. По химическому составу руды Южно-Кемпирсайских месторождений относятся к высокосортным с низким содержанием оксида двухвалентного железа, кремнезема, оксида кальция, серы и фосфора.

Методика исследований. В соответствии с задачами настоящего исследования был использован традиционный подход минералого-петрографического исследования порообразующих и минералогического изучения рудных минералов с применением метода растровой электронной микроскопии. Использовалась аппаратура: поляризационный микроскоп фирмы Zeiss, электронный микроскоп TESCAN Vega 3 SBU с энергодисперсионным детектором фирмы Oxford. Перед исследованием из отобранных образцов хромититов были изготовлены плоскопараллельные шлифы для изучения на поляризационном микроскопе и аншлифы толщиной 3...4 мм, с последующим напылением на их изучаемые поверхности слоя углерода толщиной 25...30 нм. Измерения проводились на вольфрамовом катоде при ускоряющем напряжении 20 кВ, текущем токе 15 нА и времени набора спектра 120 с. Все анализы выполнены в Томском политехническом университете.

Результаты исследований. Объемное содержание хромита в изученных образцах различно и изменяется от первых процентов до 95 %. В зависимости от этого проявляется различная текстура хромовых руд от редковкрапленных через густовкрапленные,

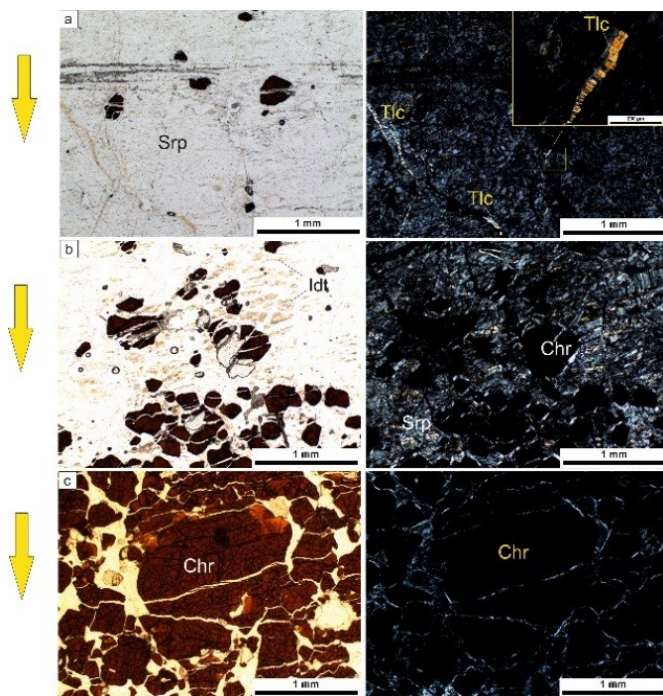
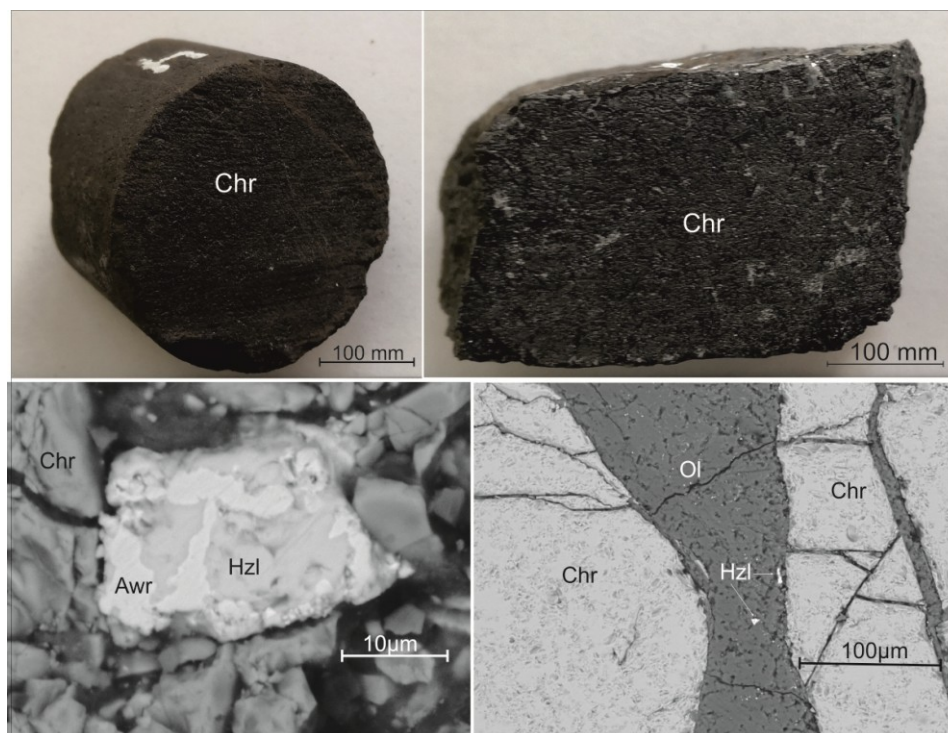


Рис. 1. Текстуры хромититов месторождения Дуберсай. а) редковкрапленные; б) густовкрапленные; в) сплошные. Tlc – тальк, Chr – хромит, Srp – серпентин, Idt – идингсит

шлировые, полосчатые до сплошных, массивных (рис. 1). Полосчатость руд обуславливается плотностью распределения хромита в породе, от единичных зёрен через сегрегирование и увеличение количества хромита до сплошных массивных руд (рис. 1.). Минералами, ассоциирующими с хромитом, являются реликтовые зерна оливина, пироксены, серпентин, тальк, иддингсит.

Особенностью хромититов является их насыщенность до первых процентов различными минеральными фазами никеля в виде: аваруита ( $\text{Ni}_3\text{Fe}$ ), хизлевудита ( $\text{Ni}_3\text{S}_2$ ), никельскуттерудита ( $\text{Ni}_3\text{As}$ ). (рис. 2).

Обсуждение результатов. На взгляд авторов, обогащение хромититов минералами никеля в виде самородных интерметаллических соединений, арсенидов и сульфидов свидетельствует об участии высоковосстановленных флюидов, участвующих при формировании или переотложении хромититов Кемпирсайского массива. Аналогичные фазы никеля отмечались авторами и в других мафит-ультрамафитовых массивах Сибирского региона и связывались с постмагматическими метасоматическими процессами перераспределения никеля [6]. На присутствие восстановленных флюидов в пределах формирования уникальных хромовых руд Кемпирсайского массива указывали и другие исследователи [4].



**Рис. 2. Минеральные формы нахождения никеля в виде твердых растворов хизлевудита и аваруита в массивных хромитовых рудах месторождения Дуберсай. Сверху образцы: макро, внизу: микро; Awr – аваруит, Hzi – хизлевудит, Ol – оливин, Chr – хромитинелид**

Выводы. Наличие в хромититах месторождения Дуберсай интерметаллических твердых растворов никеля и железа, а также арсенатов и сульфидов никеля, могут являться результатом инъецирования новой порции базальтового расплава в уже сформированные мафит-ультрамафитовые тела Кемпирсайского массива, а также воздействия восстановленного глубинного флюида остаточного мантийного расплава.

#### Литература

1. История развития Уральского палеоокеана / Ред. Л.П. Зоненшайн, В.В. Матвеевков. – М.: Институт океанологии им. П.П. Ширшова АН СССР, 1984. – 164 с.
2. Melcher F., Grum W., Simon G., Thalhammer T.V., Stumpfl E.F. Petrogenesis of the ophiolitic giant chromite deposits of Kempirsai, Kazakhstan: a study of solid and fluid inclusions in chromite // J. Petrol. – 1997. – V. 38. – P. 1419 – 1458.
3. Fershtater G.B. Magmatism in the epochs of Ural paleocean closure and mobile belt development: composition, distinctive evolutionary features, and sources. // Petrology. – 2013. – V. 21. – № 2. – P. 181 – 202.
4. Чашухин И.С., Вотяков С.Л. Поведение элементов семейства железа, оксибарометрия и генезис уникальных хромитовых месторождений Кемпирсайского массива // Геология рудных месторождений. – 2009. – Т. 51. – № 2. С. 140 – 156.
5. Юричев А.Н., Чернышов А.И., Корбояк Е.В. Минералы платиновой группы из хромититов Кемпирсайского массива (Мугоджары, Казахстан): новые данные // Записки Российского минералогического общества. – 2019. – Т. 148. – № 2. – С. 76 – 86.
6. Yakich T.; Borozowski M.; Chernyshov A.; Grieco G.; Savinova O.; Timkin T.; Marfin A. Petrological Features of the Burlakski and Nizhne-Derbinsk Mafic-Ultramafic Plutons (East Sayan Mountains, Siberia, Russia) // Minerals. – 2020. – 10. – 119. <https://doi.org/10.3390/min10020119>.